

地学の豆知識 第 1 回 ～断層とは?～

行竹 洋平 (神奈川県温泉地学研究所)

はじめに

昨年度の観測だより第 59 号の読者の方々から、観測だよりの掲載事項につきましてさまざまなご意見を頂きました。そのなかで、地震学の基礎知識について連載して解説して欲しいというご要望がありました。そのご要望をふまえ、今号から地震学に限らず地学一般のさまざまな基礎知識について、できるだけわかりやすく連載で紹介していきたいと思えます。連載を通して、地震、火山、地質そして温泉などに関連する地学の用語や現象について、より身近に感じていただければ幸いです。

第 1 回 (観測だより 60 号) では、「断層」について解説いたします。地震は地下の断層を境に、岩盤がずれる現象です (専門的には断層を境に岩盤がずれることを断層運動とよびます)。そのため、地震の発生メカニズムを考え議論する上で、断層は非常に重要な要素となります。断層とは何か、どのような場所で大きな地震に関係する断層が形成されるかなどについて、ここでは触れてみ

ます。

断層は地下の岩盤の傷跡

断層とは何かと一言でいいますと、地下の岩盤にできた傷跡というわかりやすいのではないのでしょうか。地下の岩盤に力が加わり続けると、傷跡は再びすべり易くなります。例えば、図 1 のように、こんにやくに包丁で切り込み (傷) を入れた場合を想像してください。こんにやくに矢印の方向に力を加え続けます。そうすると、たいていの場合、こんにやくは切れ込みの面を境にすべると思えます。このとき傷跡がすべることにより、こんにやくに蓄積された力が解消されるのです。同じように、地下の岩盤に作用している力は、断層 (地下の岩盤の中にできた傷跡) がすべること、つまり地震が起こること、により解消されます。

断層を動かす力

では、断層のすべりを引き起こす原動力 (図 1 ではこんにやくを押す力) はどこからくるのでしょうか

か? 日本列島周辺では、本州側のプレート (陸側プレート) に向かって太平洋プレートとフィリピン海プレート (海洋プレート) が移動しています。これらのプレートは年間約 3cm から 7cm の速さで移動し、陸側プレートの下に沈みこんでいます。プレートが移動することにより、私たちの住む日本列島は常にぐいぐいと押されています。このぐいぐい押す力が、断層をすべらせる基本的な原動力となっているのです。

断層の動きに基づいた種類分け

断層を境に両側の岩盤がどのような方向にすべるかで、断層の種類を区別する方法があります。図 2 に断層の種類の様式図を示しました。断層面が傾いている場合、断層面上側に位置する岩盤を上盤、下側に位置する岩盤を下盤とよびます。上盤が下盤に対してせり上がるように上方に動く場合、その断層を「逆断層」と呼びます。一方、上盤が下盤に対してずり下がるように下方に動く場合、その断層を「正断層」と呼びます。また、岩盤が断層面によって垂直に切られている場合、両側の岩盤が断層を境に水平方向に動く場合があります。これを、「横ずれ断層」と呼びます。

断層がどのような動きをするのか、どの種類の断層が形成されるのかは、その断層周辺に作用している力の状態によって決まります。逆断層は水平方向に圧縮する力が卓越し

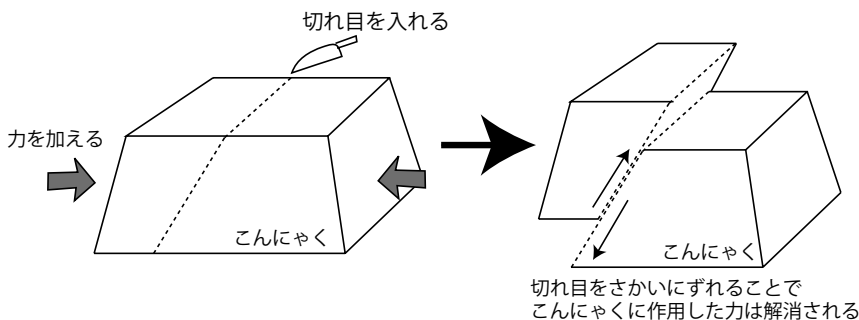


図 1 断層とこんにやく

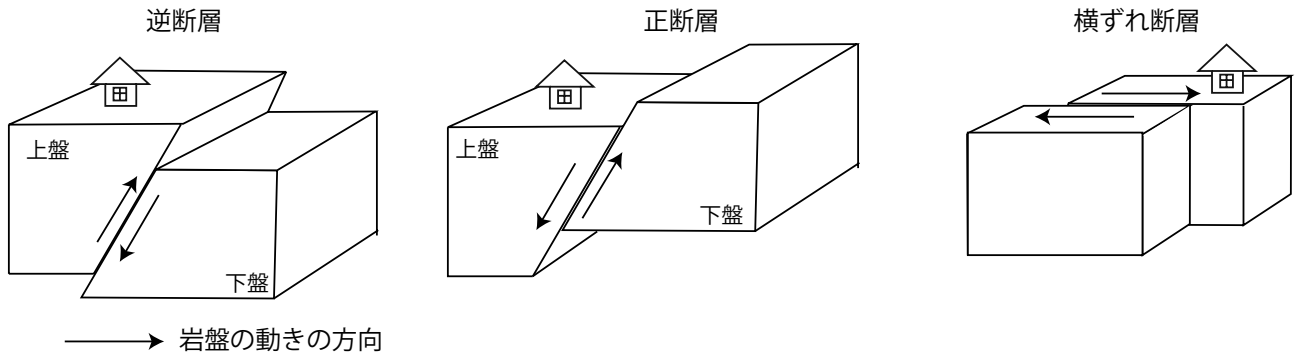


図2 断層の種類

ている場所で主に発生しますし、正断層は水平方向に引っ張る力が卓越している場所で主に発生します。

私たちが住む日本列島は、プレートの移動によりぐいぐい押されています。しかし、日本列島全国どこも同じ力が作用しているわけではありません。プレート運度を原動力とする力は、プレートの形状、地下の岩盤の強度の不均質、地形の影響、過去に発生した地震の影響、火山がある場所ではマグマによって擾乱を受け、多様な状態に変化します。

そのため、日本には「逆断層」、「正断層」、「横ずれ断層」が形成される場所が、それぞれに存在しています。例えば、神奈川県内に目を向けてみ

ましよう。神奈川県周辺では、相模湾からフィリピン海プレートが沈み込み、それにより北西方向に圧縮する力が作用していると考えられています。このため、神奈川県では大局的にこのプレートの運動に伴う圧縮の力に起因する「逆断層」の地震が多く発生します。一方で、神奈川西部の箱根カルデラ内では、「逆断層」がほとんど発生せず、「横ずれ断層」や「正断層」の地震が多く発生しております。その原因については、地下深くに存在しているマグマやそこから生み出された熱水の影響、箱根カルデラに隣接する断層運動の影響などにより、地下に作用する力の状態が変化していることが考えられて

います。

断層のサイズと地震の規模の関係

地震は私たちの体に感じるものから、甚大な被害をもたらす巨大な規模のものまでさまざまなスケールで存在します。微小な地震から巨大な地震まで、地震は地下にある断層がすべる（破壊される）ことで発生します。

では、微小な地震と巨大な地震では何がことなるのでしょうか？それは、地震のときにすべる断層の面積（ここでは、断層サイズと呼ぶことにします）がことなるのです。図3に地震の規模と断層サイズの関係を示します。この図は、過去に発生

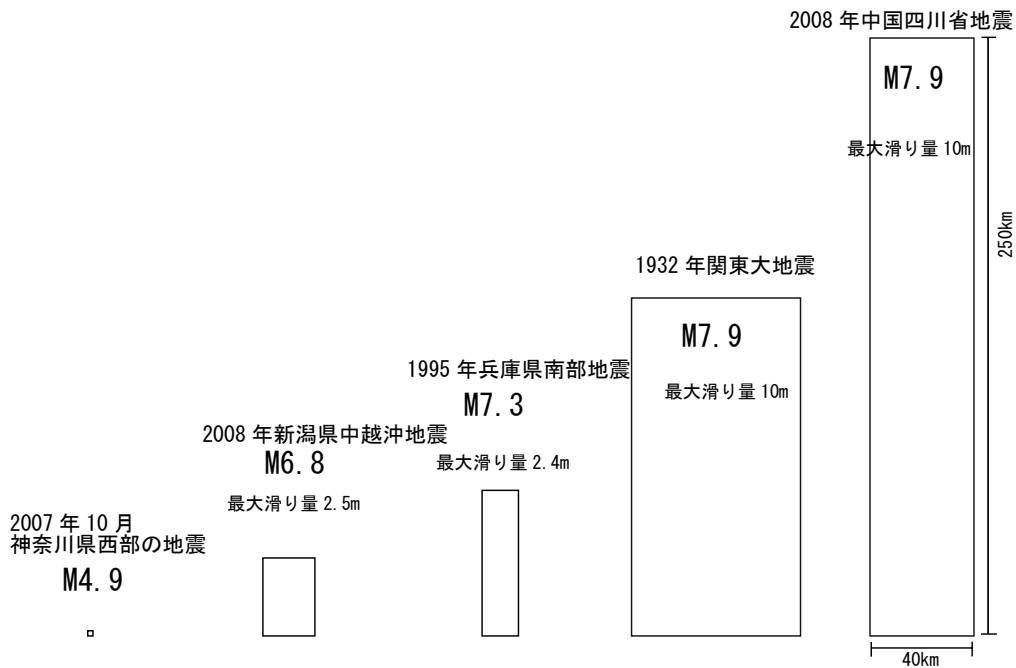


図3 断層のサイズと地震の規模の関係。四角形は断層のサイズを表し、縦が断層の長さ横が断層の幅に相当する。

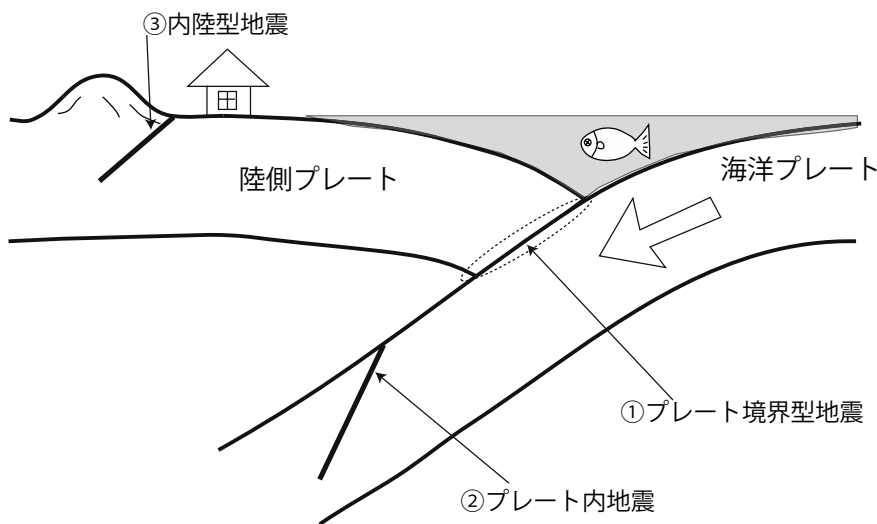


図4 大きな地震が発生する場所

した中規模地震から巨大地震までの断層サイズを比較したものです。地震の規模をあらわす値であるマグニチュードも合わせて記載しています（マグニチュードのより詳細な説明については、別の機会に改めてご紹介させていただければと思います）。図の一番左には、中規模地震の例として、2007年10月1日に箱根湯本の下、深さ15km付近で発生した、気象庁マグニチュード4.9の地震の断層サイズを示しました。この地震では、およそ3km×3kmの面積の断層が破壊されたと考えられています。この地震で、神奈川県西部では震度5強の揺れが観測されました。図の右側に行くほど、地震の規模が大きくなり、それとともに破壊された断層サイズが大きくなるのが分かると思います。一番右側の例は、2008年5月12日に中国四川省で発生した地震（^{ぶんせん}汶川地震）の断層サイズを表しています。この地震では、およそ長さ250km×幅40kmの面積の断層が破壊されました。その断層サイズは、2007年箱根湯本直下の地震の約1100倍、地震のエネルギーは33,000倍になります。これは、1923年大正関東地震とほぼ同じ地震のエネルギーにな

ります。また、一般的に地震の規模が大きくなると、破壊される断層の面積だけではなく、断層のずれる量が大きくなります。

大きな断層が存在する場所

大地震を引き起こす、大きな断層がどこに存在しているのかに着目してみます。図4に大きな地震を起こす断層を模式的に表してみました。日本列島は、海洋プレートが陸側のプレートの下に沈みこんでいますが、陸側プレートと沈み込む海洋プレートとの境界は巨大な断層となります。この断層で起こる大地震を、プレート境界型地震と呼びます。プレート境界型地震は、陸側プレートと海洋プレートとの間に、およそ150年から200年間かけて蓄積された力を一気に解放するために発生するもので、非常に規模が大きな地震となります。1923年に相模湾直下で発生した大正関東地震や、切迫性が危惧されている東海地震も、プレート境界型の地震です。プレート境界型地震は、上盤である陸側プレートが海洋プレートに対してせり上がるように発生する逆断層型の地震となります。プレート境界型地震は、巨大な逆断層という意味から、メガ

スラスト（英語でメガは巨大、スラストとは逆断層のことを表します）と呼ぶ専門家もいるようです。

沈みこむ海洋プレート内にも力が蓄積されており、大きな地震が発生する場合があります。これを海洋プレート内地震（あるいは、単にプレート内地震）と呼びます。最近発生したプレート内地震には、2008年7月24日の岩手県沿岸北部の地震があります。この地震では、岩手県内で震度6強が観測されました。

さらに私たちが住む陸側プレートの中にも、大きなサイズの断層が存在します。特に、将来的に大きな地震を引き起こす可能性のある断層を「活断層」と呼びます。活断層で発生する地震は、陸側プレート内に蓄積された力を解放するために引き起こるものです。これを内陸型地震と呼びます。1995年兵庫県南部地震も内陸型地震で、このときは野島断層という活断層が破壊され、直上の神戸とその周辺域に大きな被害をもたらしました。

地震の震源と断層との関係

次に、地震の震源と断層との関係についてご説明いたします。地震の震源というと、「地震が発生した場所」と理解されている方も多いかと思いますが、厳密に言うところの理解はすこし曖昧かもしれません。専門的に説明するならば、震源は「断層上において断層のすべりが始まった場所」となります。

図1の例に再び戻りますと、直感的にはこんにやくは切れ目を境に全体が一瞬にすべるイメージをもたれるかもしれませんが、しかし、実際の断層では、岩盤が断層を境に全体が一瞬にすべることはありません。実際には、図5に模式的に示したように、断層のすべりは断層上のある場所（震源）から始まり、ある速

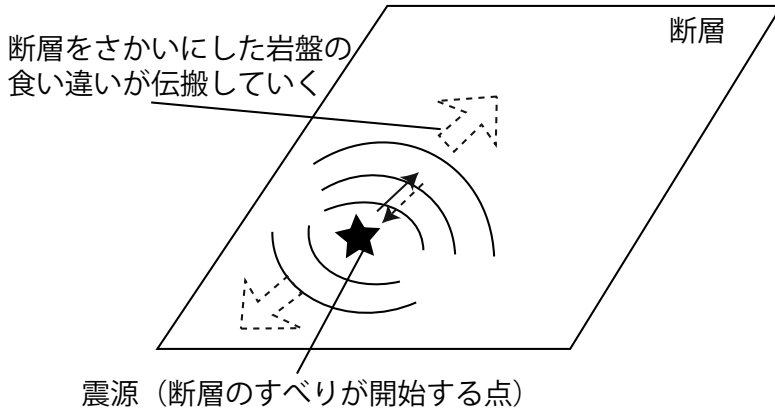


図5 地震の震源と断層の関係

度で断層全体に広がって伝搬していきます。この断層のすべりが伝搬する速度を専門的には「破壊伝搬速度」と呼びます。破壊伝搬速度は、秒速2～3kmと推定されております。この速度は時速に変換すると7200kmから10800kmになります。破壊伝搬速度はものすごく高速ですが、2008年中国四川省の汶川地震のような巨大地震になると断層のサイズが大きくなるため(図3)、

震源で断層のすべりが始まってから、断層全体にすべりが伝わるまで数分を要します。

地震の規模が小さい場合、図3にも示しましたように断層のサイズが小さくなり、震源の位置と断層をほぼ同じと見なすことができます。つまり、断層が点で近似できるのです。しかしながら、地震の規模が大きくなってくると、その近似は成り立たなくなります。マグニチュードが6



写真1 断層のすべりにより変成された石灰岩。断層がすべることにより表面(断層面)がツルツルになり、さらに細かなひっかき傷も見る事ができる。温泉地学研究所内に展示。

を超えるような大きな規模の地震では、断層のサイズが大きくなるため、震源は断層ですべりが開始された場所という意味合いが強くなってきます。

おわりに

今回は断層について、紹介いたしました。断層は、地震を知る上で極めて重要な場所ですので、多くの研究者がさまざまな方向から日々鋭意研究を行っております。

最後に、過去に地震によって形成された断層が、今現在の私たちにも見ることができる場所をご紹介します。まさに、過去の地震の「事故現場」です。一つは温泉地学研究所内に展示されております、断層のすべりにより変成された石灰岩です(写真1)。写真1の石灰岩は一見すると普通の石灰岩ですが、その表面は鏡のようにツルツルになっています。地下で大きな圧力が作用しているなかで断層がすべると、断層面には大きな力と熱が生じ、それにより断層面がツルツルな状態に変成されるためです。また、ツルツルの表面をよく見ると、ある方向に細い線が何本も入っていることがわかります。これは、断層がすべるときにできたひっかき傷で、「条線」と呼ばれるものです。当研究所内に展示されておりますので、お立ち寄りの際は是非一度見てみてください。もう一つは、地表に露出した断層面です。活断層など大きな地震を引き起こす断層では、その一部が地表に顔を出します。そのような場所にいけば、断層そのものを見ることができます。観測だよりでは、連載コラム「かながわ露頭マップ」として、地表に露出した断層が見られる場所を紹介しております。是非そちらも、ご参照ください。